ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO

DEUTZ-FAHR AGROTRON TTV 1160

Utilizando como base de referencia el tractor Deutz-Fahr Agrotron 165 MK3

Universidad Politécnica de Madrid

- Juan M. Marugán
- Juan Marín
- José Chavez
- Antonio Rabasco
- Jesús Gómara

Alumnos:

- Daniel Menéndez
- Rafael Villanueva
- Fernando Loscos

Estación de Mecánica Agrícola

- Federico Amigo
- Julio Sáez-Palacio
- Daniel Menéndez
- José Manuel Arroyo

Coordinación

- Pilar Linares

Dirección Técnica: Luis Márquez

Estas Pruebas son el resultado de un conjunto de ensayos realizados, en laboratorio y en campo, durante los meses de febrero y marzo de 2004 por un grupo de profesores del Dpto. de Ingeniería Rural, que asumen la responsabilidad técnica de las mismas.

El análisis de las características técnicas esenciales se realiza tomando como referencia la homologación de tipo CE de estos tractores y las pruebas complementarias efectuadas en la Estación de Mecánica Agrícola de Madrid.



Los ensayos de campo se realizaron en Brunete (Madrid) en parcelas agrícolas de los agricultores Aquilino Cabrera y Manuel Calderón, siendo manejado el tractor, en todo momento, por uno de los componentes del equipo de pruebas, el Ing. Agr. Juan M. Marugán.

Servicio de asistencia técnica: Same Deutz-Fahr Ibérica, con la coordinación de Miguel Ángel Menéndez y Javier Ramos
Aperos cedidos por: Kverneland Ibérica y Galucho

El objetivo básico de las pruebas ha sido la evaluación del comportamiento del tractor Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160, que dispone de transmisión sin escalones CVT de planetario sumador, utilizando como base de referencia las de otro modelo de tractor de la misma marca, con cambio convencional, como es el Agrotron 165 MK3, con el mismo motor, aunque regulado de una manera distinta, como consecuencia de las diferencias en la transmisión.

PARTE I

Análisis comparativo de los modelos Agrotron TTV 1160 y Agrotron 165 realizado a partir de sus especificaciones técnicas y ensayos oficiales

Los modelos ensayados disponen de unas características técnicas comunes, aunque las especificaciones técnicas de algunos de sus componentes han sido modificadas para ajustarlas al tipo de transmisión utilizada, que constituye la diferencia más significativa y que se pretende poner de manifiesto en los ensayos de campo.

Por ello se analizan sus características técnicas de manera conjunta, para facilitar al lector una clara apreciación de las similitudes, así como de las particularidades de cada modelo en los diferentes apartados que seguidamente se describen.

En las Tablas 1 y 2 se indican las series completas en las que están englobados los dos modelos que son objeto de estudio, con la potencia que desarrollan. De este modo podemos apreciar la ubicación de cada uno de los modelos dentro de la serie a la que pertenecen.

TABLA 1. MODELOS QUE COMPONEN LA SERIE DE TRACTORES AGROTRON TTV

Modelo	TTV 1130	TTV 1145	TTV 1160
Potencia nominal (ECE R24)	94 kW / 128 CV	105 kW / 143 CV	113 kW / 154 CV
Potencia máxima (ECE R24)	99 kW / 135 CV	109 kW / 148 CV	118 kW / 160 CV

TABLA 2. MODELOS QUE COMPONEN LA SERIE MEDIA DE TRACTORES AGROTRON MK3

Modelo	130	140	155	165
Potencia nominal (ECE R24)	94 kW / 128 CV	105 kW / 143 CV	113 kW / 153 CV	120 kW / 163 CV
Potencia máxima (ECE R24)	100 kW / 136 CV	110 kW / 149 CV	116 kW / 158 CV	125 kW / 170 CV



Utilización del sistema de parada activa sobre un talud.

MOTOR

Ambos modelos montan el mismo motor, de marca Deutz, modelo BF 6M 1013 EC, con 6 cilindros en línea y con una cilindrada de 7 156 cm^3.

Las dimensiones de cada cilindro son: 108.0 mm de diámetro y 130.0 mm de carrera. Son cilindros, por tanto, de tipo alargado. El que la carrera sea sustancialmente mayor que el diámetro del cilindro de un motor está prácticamente generalizado puesto que parece ser que esta disposición, junto con otras medidas como la disposición de turbos, intercooler y sistemas de inyección de alta presión, logran que se mejore la combustión y que se pueda cumplir la exigente normativa europea de emisiones contaminantes.

En ambos modelos el motor cuenta con turbo e intercooler aire-aire, aportando una potencia nominal según norma ECE R24 de 113 kW (154 CV) y un par máximo de 615 Nm en el Agrotron TTV 1160 y cifras ligeramente superiores, concretamente potencia nominal de 120 kW (163 CV) y par máximo de 755 Nm en el Agrotron 165 refiriéndonos a la misma normativa.

Las cifras del par máximo difieren en 100 Nm, pero ello se debe a que en el Agrotron 165 la cifra de par máximo se obtiene a 1 100 rev/min, mientras que en el Agrotron TTV 1160 el par máximo se alcanza a 1 400 rev/min. Ello conduce a que la reserva de par en el primero alcance el 45% mientras que en el segundo sólo llega al 30%. De todos modos, la utilidad de tener el par máximo a un régimen tan bajo no tiene un aprovechamiento práctico, puesto que nadie trabaja ni apura al motor del tractor durante el trabajo hasta aproximarse a dicho régimen; por ello no se debe interpretar que las cifras que aporta el Agrotron TTV en este aspecto sean inferiores a las que aporta el Agrotron 165; además, la transmisión sin escalones no necesita el apoyo de una amplia reserva de par. De hecho, la potencia que está desarrollando el motor a régimen de par máximo, es mayor en el TTV 1160 que en el 165.





Motor de 6 cilindros en línea con sistema bomba-inyector en cada cilindro.



El consumo específico mínimo que logra el motor de estos modelos es sustancialmente bajo, alcanzando una cifra de 209 g/kWh en el TTV 1160.

La regulación de la inyección en ambos modelos se lleva a cabo mediante un sistema electrónico que permite programar régimen de giro deseado, cuando se trabaja en campo, entre otras cosas.



La inyección en este motor se realiza mediante el sistema bomba-inyector, de tal modo que hay 6 bombas inyectoras marca Bosch, una por cilindro, y que aportan combustible a un solo inyector. Los inyectores tienen 6 toberas y en su interior el combustible alcanza una presión máxima de 1 400 bar. Con estos precedentes es fácilmente comprensible que el gasóleo se pulverice perfectamente y por tanto se logre una buena combustión.

El volumen del depósito de combustible de ambos modelos es de 310 litros. La capacidad de este depósito es muy elevada y permite trabajar sin problemas de agotamiento de gasóleo por muy largas que sean las jornadas de trabajo.

Este motor dispone de un cárter que almacena 19 litros de aceite que precisa ser cambiado cada 500 horas de trabajo. Estos amplios intervalos de cambio se logran gracias a la disposición de un refrigerador del aceite del motor, el cual contribuye a mantener al motor en una temperatura adecuada a pesar de las inclemencias exteriores.

Además del aceite del motor, el gasóleo del retorno de las bombas inyectoras también es refrigerado antes de su regreso al depósito; de este modo, aunque tengamos poco combustible, éste no aumentará su temperatura y por tanto no disminuirá el rendimiento del motor en ningún caso, porque el combustible entrará en las bombas inyectoras a una temperatura adecuada en cualquier circunstancia.

El sistema de refrigeración del motor es por agua, con vaso de expansión separado del radiador del motor y que permite comprobar niveles y rellenar fácilmente. El ventilador es de conexión variable en función de la temperatura del líquido de refrigeración (dotado de embrague viscoso).

En cuanto al sistema eléctrico, el alternador con que cuenta el motor, permite aportar una intensidad de 95 A y opcionalmente 120 A.

El nivel de ruidos que emite el motor en el interior de la cabina es de 74.0 dB(A) a régimen nominal en ambos modelos, lo que permite indicar que se trata de una cifra reducida.

TRANSMISIÓN

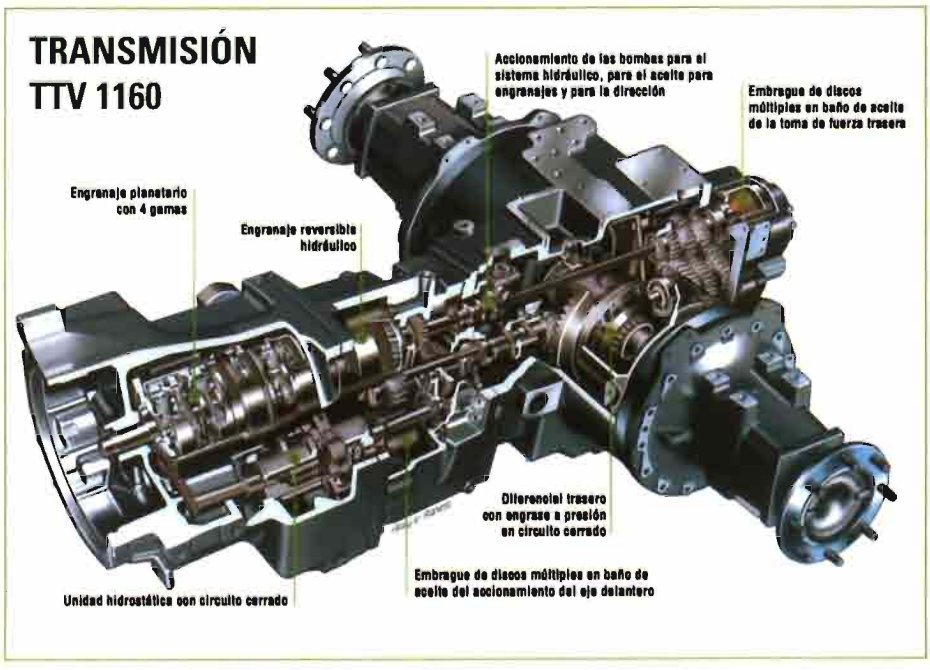
Caja de cambios

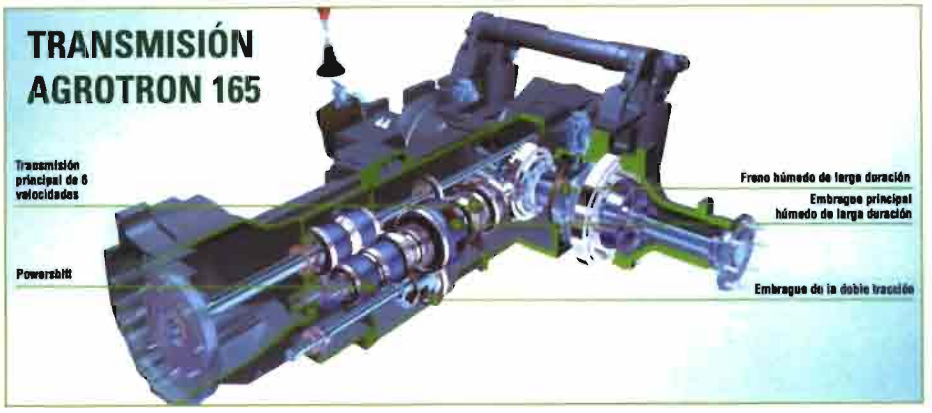
Este conjunto es en el que ambos tractores difieren considerablemente, hasta el punto de que se puede decir sin temor a cometer un error, que lo único que tienen en común las trasmisiones de estos modelos es su fabricante, la conocida marca alemana ZF.

Comenzaremos describiendo la transmisión del Agrotron 165, que consta de un cambio de 6 grupos sincronizados y 4 velocidades bajo carga dentro de cada grupo. Este cambio, así descrito, se complementa con un inversor de marcha electrohidráulico. Todo ello nos aporta un total de 24 + 24 velocidades. El conjunto de gamas y velocidades bajo carga se accionan con una sola palanca de cambios en el lado derecho del operario. Como se puede comprobar, este cambio es sencillo de manejar y a la vez económico, robusto y duradero.

Por el contrario, si deseamos un cambio novedoso, sofisticado y cómodo pero que a la vez nos aporte garantías de durabilidad, el cambio diseñado por ZF que instala la serie TTV puede ser el que nos aporte lo que buscamos. En esencia y de forma resumida y concisa, la transmisión del TTV 1160 se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Se trata de una transmisión sin gamas ni velocidades que manejar. El operario tan solo ha de manejar un *joystick* llamado *PowerComV* y/o el acelerador para lograr variar la velocidad de avance del tractor de 0 a 40 km/h. Cuenta además con el inversor electrohidráulico habitual para el cambio de sentido de avance, que está dispuesto al lado izquierdo bajo la columna del volante y en el propio *joystick*.





- Internamente, el tractor cuenta para la transmisión del movimiento del motor a las ruedas con una rama mecánica mediante planetarios que aporta 4 gamas de velocidad y una rama hidrostática formada por un conjunto bomba-motor hidráulicos. La bomba hidráulica tiene una cilindrada máxima de 40 cm^3 y es de caudal (cilindrada) variable y además reversible. Esto hace que, según las circunstancias de cada momento, la bomba envíe cantidades de aceite y en sentidos diferentes al motor hidráulico, de tal modo que al unirse ambas ramas mecánica e hidráulica en la transmisión, podemos conseguir diferentes velocidades de avance, de 0 a 40 km/h y todo gestionado electrónicamente (la gama engranada y el caudal enviado por la bomba).
- Con el diseño de este tipo de transmisión, una parte de la potencia que llega a las ruedas procede de la rama hidrostática, es decir, del conjunto bomba-motor anteriormente descrito. Por el propio diseño de esta caja, el porcentaje de potencia hidráulica que llega a las ruedas es variable de 0 a 30%, por tanto, la máxima potencia hidráulica que enviará el conjunto bomba-motor no es elevado, y por tanto no se reduce el rendimiento de esta transmisión frente a otras de tipo exclusivamente mecánico.
- Se logra un aumento del confort de conducción enorme, y además se consigue con esta transmisión que el tractor trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia para la velocidad establecida por el operario.
- La transmisión de los TTV, al disponer de regulaciones electrónicas complejas para su gestión interna, también permite ser manejada de diferentes formas por el operario. A modo de resumen y para que sirva al menos para hacerse una ligera idea de las posibilidades que esta transmisión puede aportar, se indica a continuación los modos de manejo que permite:

> ***El TTV utiliza una transmisión sin escalones del tipo 'planetario sumador', cuya rama hidrostática transmite entre el 0 y el 30% de la potencia del motor***

1. Modo PTO. Se debe de utilizar cuando se dé más importancia a mantener constante el régimen de giro del motor (trabajos con maquinaria que se acciona por toma de fuerza, por ejemplo). En este caso, el operario indica al tractor el régimen de giro deseado y un máximo de velocidad de avance (ésta última con el *joystick*). Mientras se mantenga en esa situación, el acelerador sólo actuará como variador de la velocidad de avance, y no variará en ningún caso el régimen de giro del motor. En este contexto, si pisamos el acelerador a tope, el motor se mantendrá constante y la velocidad que se alcanzará será la indicada previamente como máxima con el *joystick*. Por el contrario, si dejamos el acelerador sin pisar, el motor seguirá con su régimen pero el tractor se detiene completamente.

2. Modo AUTO. Aquí le indicamos al tractor una velocidad de avance deseada y un régimen del motor determinado. En este modo el tractor alcanza la velocidad indicada al régimen del motor también señalado. Si le faltara potencia para conseguir la velocidad indicada con ese régimen del motor, se acelerará por encima de dicho régimen para alcanzar la velocidad preestablecida. En esta situación el acelerador sigue actuando como variador de velocidad de avance pero sin que cambie el régimen de giro del motor. Si en lugar de llevar el acelerador a tope lo ponemos en una posición intermedia, la velocidad que alcanzará el tractor será menor de la preestablecida.

3. Modo MANUAL. Nosotros marcamos el régimen de giro del motor con el acelerador y la velocidad de avance en cada momento con el *joystick*, adaptándose el tractor a las circunstancias que le marquemos en cada momento si es que la potencia del motor se lo permite.

Todo esto está dispuesto mediante potenciómetros que permiten situaciones intermedias, pero que en esencia se puede comprobar que esta transmisión ofrece múltiples posibilidades para hacer más fácil y cómodo el trabajo del agricultor.

La transmisión del TTV 1160 se encuentra sobre un cárter con 90 litros de aceite hidráulico que se debe cambiar cada 1 000 horas de trabajo.





Toma de fuerza

Las tomas de fuerza traseras, tanto del Agrotron 165 como del TTV 1160 cuentan con 4 velocidades de giro (540, 540E, 1 000 y 1 000E rev/min).

El régimen del motor preciso para alcanzar cada una de las velocidades de la toma de fuerza anteriormente indicadas, junto con la toma de fuerza delantera opcional se adjuntan en la Tabla 3.



TABLA 3. RÉGIMEN DEL MOTOR (rev/min) PARA CADA VELOCIDAD DE TOMA DE FUERZA

Modelo / Velocidad tdf	tdf trasera				tdf delantera
	540	540E	1 000	1 000E	1 000
Agrotron TTV 1160	2 024	1 647	2 036	1 656	no comprob.
Agrotron 165	2 200	1 600	2 200	1 600	2 130

La conexión de la toma de fuerza es mediante un pulsador eléctrico que acciona un embrague multidisco en baño de aceite cuya conexión se realiza de forma gradual.

Estos tractores llevan en los guardabarros traseros un pulsador adicional a los ya presentes del elevador hidráulico, que se encargaría de la conexión de la toma de fuerza trasera.

La toma de fuerza delantera es opcional en ambos modelos y es igualmente de conexión electrohidráulica, a través de un embrague húmedo y con una sola relación de transmisión que permite alcanzar un régimen de giro estándar de 1 000 rev/min.

SISTEMA HIDRÁULICO

Bombas hidráulicas

La bomba principal del sistema hidráulico de ambos modelos es una bomba de caudal variable que alcanza una cifra máxima de 120 L/min y una presión de 200 bar. El circuito hidráulico principal es de centro cerrado, tipo *load-sensing* que permite adaptarse a la demanda de caudal de cada apero una vez alcanzada la presión máxima.

Esta bomba principal atiende a las válvulas de los servicios externos y al elevador tripuntal trasero (y delantero si opcionalmente se instalara).

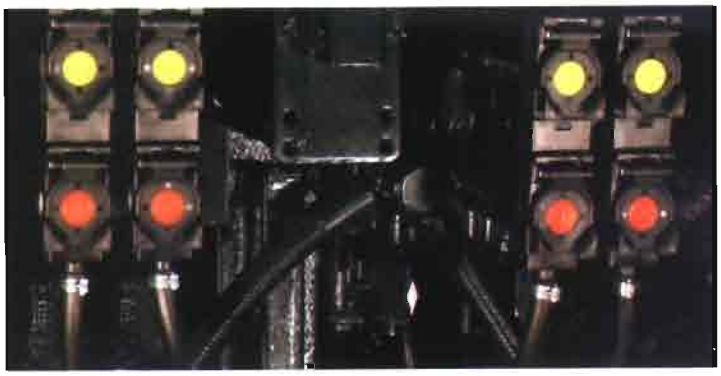
Además de esta bomba principal, el sistema hidráulico de los dos modelos que estamos analizando cuenta con otro circuito hidráulico complementarios de centro abierto con una bomba de engranjes (y por tanto de caudal fijo para cada régimen de giro del motor), que ofrece 42 L/min y presión máxima de 180 bar, utilizada para atender a la dirección hidráulica.

Válvulas para servicios externos

Ambos modelos pueden llevar hasta cuatro válvulas dobles en posición trasera para los servicios externos. Estas válvulas dobles cuentan con cuatro posiciones (avance, retroceso, posición neutra y posición de flotación). Cada válvula dispone de un control de caudal por separado, que permite limitar la cantidad máxima de aceite a enviar. Todas las válvulas pueden ser conectadas bajo presión, lo que facilita la conexión de los acoples rápidos porque en muchas ocasiones mantienen una presión residual y resulta dificultoso proceder a su conexión si no se cuenta con válvulas de este tipo.

Además de estas válvulas, existe una conexión directa desde la bomba hidráulica axial para aperos que demanden aceite de forma continuada y en grandes caudales con su propio sistema de regulación. Este sistema se denomina comercialmente *Power-Beyond* y resulta muy interesante para los casos citados, ya que se producen menores pérdidas en el sistema hidráulico del tractor y, por tanto, el aceite se calienta menos.

Las diferencias entre ambos modelos aparecen con la regulación electrónica de las válvulas en el TTV 1160. El TTV cuenta, para todas sus válvulas, con una regulación electrónica del caudal mediante potenciómetros. Junto con esta regulación del caudal en todas las válvulas, también se puede controlar el tiempo de actuación de las mismas en dos de ellas mediante temporizadores electróni-



Tomas hidráulicas para servicios externos.

cos. Éstos permiten un accionamiento puntual (mientras esté pulsado el interruptor), accionamiento durante un determinado periodo de tiempo o bien accionamiento permanente. Estas dos válvulas que cuentan con regulador del tiempo de actuación, son accionadas desde el *joystick* del tractor (*PowerComV*). El resto de válvulas se accionan mediante una palanca electrohidráulica situada al pie del citado *joystick*.

Por último, resulta interesante señalar que las válvulas exteriores traseras cuentan con un recogedor del aceite que se sale del sistema al acoplar y desacoplar aperos. Un pequeño detalle que ya llevan bastantes modelos y que aporta una pequeña nota ecológica y de buen gusto, que en algunos países se valora mucho, aunque en otros no se le da importancia.

Elevador hidráulico

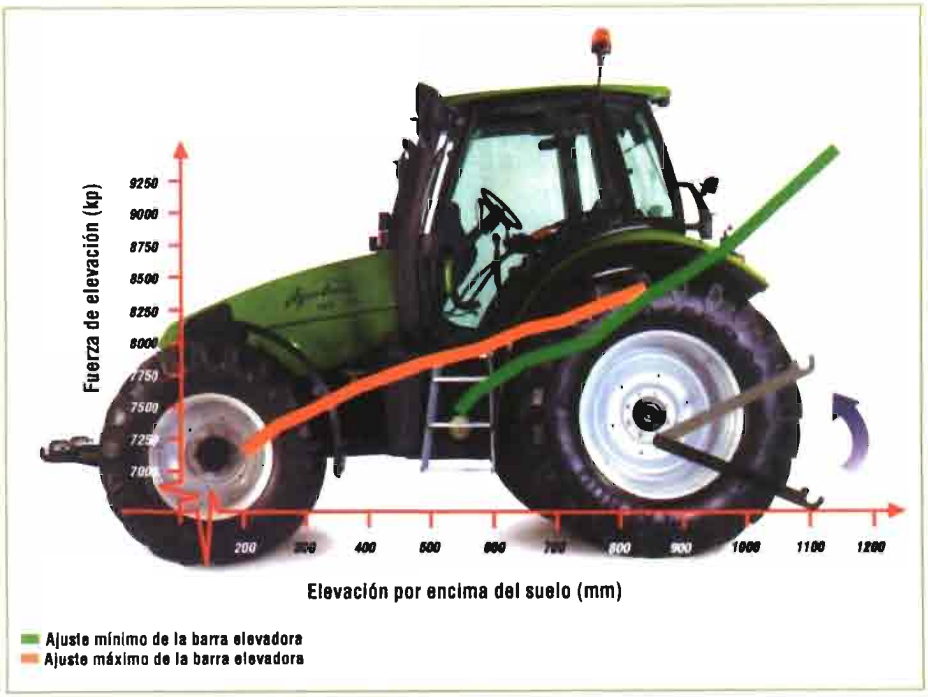
El enganche tripuntal trasero de los dos modelos analizados es de categoría II/III. La fuerza de elevación del enganche tripuntal trasero alcanza en ambos modelos los 9 200 kg en las rótulas de los brazos inferiores del enganche tripuntal. El enganche tripuntal delantero opcional llega a desarrollar una fuerza de elevación máxima de 4 000 kg en las condiciones descritas anteriormente.

La regulación del elevador en estos tractores está gobernada mediante dispositivos electrónicos que controlan la posición en altura del mismo, el tiro que realiza el tractor en cada momento, la sensibilidad de la reacción ante las variaciones del esfuerzo realizado, etc. Además de estas regulaciones ya estandarizadas, los modelos analizados pueden contar opcionalmente de regulación del patinamiento en el elevador siempre y cuando se instale un radar que controle la velocidad de avance real de los mismos.

Los mandos que ha de manejar el operario para trabajar con este elevador en el Agrotron 165 MK3 se reducen, una vez preseleccionada la posición o los diferentes controles, a un interruptor para ascenso-descenso que se sitúa en la consola lateral derecha. En el TTV 1160, al regular los diferentes controles del elevador, como son el potenciómetro de control de posición, el de tiro, la velocidad de descenso, la altura máxima al elevar el apero y el porcentaje máximo de patinamiento (si opcionalmente tenemos radar), tendremos que actuar sobre un pulsador doble situado en el *joystick* con que cuenta este modelo y que agrupa, como estamos comprobando, multitud de funciones.

A la hora de desplazarnos por carretera con algún apero enganchado, el elevador cuenta con una función de amortiguación que se activa automáticamente para reducir los movimientos que transmiten los aperos pesados al tractor cuando se circula a gran velocidad y que obliga a que estos desplazamientos tengan que ser más lentos si no disponemos de esta característica.

Por último, y como ya es habitual en casi todas las marcas, los modelos analizados cuentan con pulsadores eléctricos en los guardabarros traseros que permiten elevar o descender los brazos inferiores desde la parte trasera y que facilitan el enganche de los aperos.



Variación de la capacidad de elevación en el enganche tripuntal.

PUENTE TRASERO

Los frenos son de accionamiento hidráulico servoasistidos, actuando sobre unos discos en baño de aceite. Al accionar los pedales de freno se envía presión hidráulica a la conexión de freno de remolque.

El bloqueo se realiza a través de un pulsador eléctrico que bloquea conjuntamente los diferenciales del puente delantero y del trasero. Este bloqueo se realiza mediante la opresión de un paquete de discos en baño de aceite en el diferencial de cada puente.

El bloqueo de diferenciales puede ser permanente o bien se puede gestionar para que de forma automática se conecte y desconecte cuando concurran una serie de circunstancias que se describen a continuación:

- Cuando el ángulo de giro de las ruedas delanteras supere los 15°, se produce la desconexión. Al reducir por debajo de esta cifra dicho ángulo, la conexión se realiza de nuevo.
- Al superar los 10 km/h de velocidad de avance, se desconecta el bloqueo de diferenciales, recuperándose el bloqueo al reducir la velocidad por debajo de esta cifra.

PUENTE DELANTERO

El eje delantero de estos modelos es ZF. El ángulo de giro máximo que alcanza es de 52°. Los reductores finales cuentan con tres satélites y el bloqueo del diferencial se conecta conjuntamente con el trasero utilizando un sistema multidisco en baño de aceite para fijar el diferencial delantero.

> ***El bloqueo de los diferenciales delantero y trasero se puede gestionar de manera automática en función del ángulo de giro en las ruedas delanteras y de la velocidad de avance***

El eje delantero se ofrece en dos versiones en el modelo Agrotron 165:

- Eje estándar rígido.
- Eje dotado de sistema de suspensión hidráulica. El recorrido del eje delantero en la vertical alcanza los 90 mm gracias a la acción de dos cilindros hidráulicos y con ello se consigue una reducción notable de las vibraciones y movimientos a los que se ve sometido el operario. El sistema de suspensión de este eje puede ser activado o desactivado fácilmente mediante un pulsador en el puesto de conducción.

En el Agrotron 165, al accionar el pedal de los frenos, el eje que acciona al eje delantero dispone de un disco en seco con dos pastillas que actúa sobre el mismo frenando a las ruedas de este eje con eficacia.

En el caso del TTV, que no cuente con esta opción de eje delantero con freno de disco propio, al accionar los frenos del eje trasero, o el freno de mano, se conecta la doble tracción para mejorar la eficacia de la frenada.

En el TTV 1160, el eje delantero está dotado de suspensión, lo que combinado con su sistema de amortiguación de cabina que más tarde citaremos, aporta unos niveles de confort muy elevados.

La conexión de la doble tracción en este eje puede realizarse de forma permanente o bien de forma automática, de tal modo que en esta última modalidad se conectará o desconectará según unos parámetros que a continuación indicamos:

- Al superar un ángulo de giro de 25° en las ruedas delanteras, la doble tracción se desconecta, retornando a la modalidad de conexión una vez que este ángulo se reduzca a menos de 25°.
- Si la velocidad de avance supera los 15 km/h la doble tracción se desconectará igualmente, conectándose automáticamente de nuevo al reducir la velocidad de avance por debajo de esos 15 km/h.



Detalle de eje delantero con el enganche y la toma de fuerza frontales.

CABINA

La cabina de estos dos modelos resulta muy cómoda y cuenta en ambos casos con los elementos de confort adecuados para lograr un buen ambiente de trabajo, como son aire acondicionado, calefacción, cómodo asiento de múltiples regulaciones con suspensión neumática, cristales oscuros y bajo nivel de ruidos.

Se trata de cabinas amplias, con posibilidad de asiento auxiliar y una correcta visión en cualquier ángulo. Los pilares frontales son utilizados para conducir tanto a la toma de aire de admisión del motor como para el escape del mismo, de tal modo que quedan ocultos tras ellos a favor de una mejor visión para el operario.

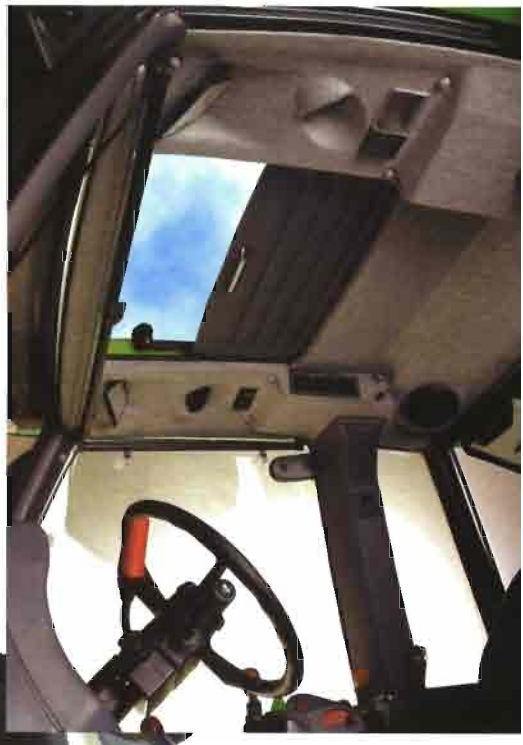
La visión nocturna es muy buena gracias a los 11 faros de labor en la parte delantera (4 en la parte frontal de la cabina y 7 en la parte frontal del capot) y 4 en la parte trasera (todos en la parte trasera de la cabina).

Las puertas laterales para el acceso a la cabina no tienen marco metálico (lo que facilita su manejo y su cierre), son muy amplias y permiten una buena sujeción al ascender por los peldaños habilitados para tal fin.

Ya en el interior, aparecen las diferencias entre los modelos sobre los que se hicieron las pruebas:

- Los mandos principales en el Agrotron 165 están situados en una consola a la derecha del operario, excepto el mando del inversor de marcha que se sitúa en el lado izquierdo de la columna de la dirección, bajo el volante, lo que permite su accionamiento con la mano izquierda. La mano derecha es la encargada de manejar los mandos de esta consola junto con la palanca de cambios en la que se accionan las gamas y velocidades bajo carga.
- El TTV 1160 cuenta con un inversor de marcha en el lado izquierdo de la columna de la dirección, al igual que el modelo anterior. En el lado derecho cuenta también con múltiples controles (los del elevador, toma de fuerza, etc.) en una especie de consola. No obstante, en el apoyabrazos derecho cuenta con el *joystick* que tanto hemos citado y que aglutina todas las funciones que con más frecuencia utiliza el operario, por lo que éste no precisa apenas desviar la atención a otros lugares que no sean los diferentes controles que ofrece este brazo. Esto supone una comodidad añadida que se nota a lo largo de faenas prolongadas.

En cuanto a la información disponible en el panel frontal, se combina la información digital con la analógica, siendo muy rápida su interpretación. Junto al panel frontal, ambos modelos cuentan con una pequeña pantalla digital en el pilar derecho de la cabina que ofrece información sobre la transmisión y velocidad de avance.





Cabina espaciosa con alta visibilidad, equipada con asiento auxiliar.

Hay que señalar que la cabina del TTV 1160 cuenta con suspensión neumática con regulación de la altura, manteniendo ésta independientemente del peso del operario. Este sistema, junto con la inclusión del eje delantero con suspensión, aporta un confort destacable, como ya se ha indicado anteriormente.

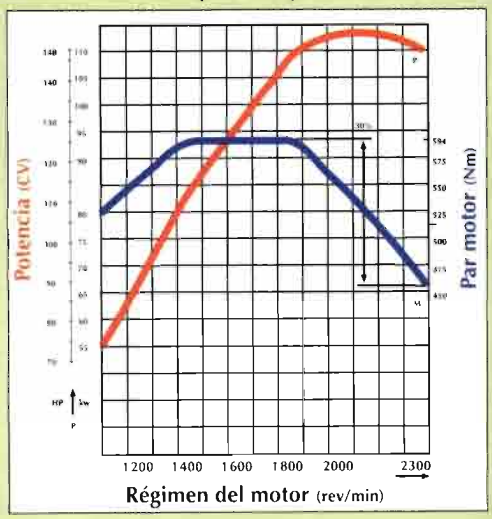
El aire que entra al interior del habitáculo lo hace a través de unos filtros eficaces. La circulación del aire por la cabina se realiza mediante multitud de toberas repartidas por toda la cabina, con lo que se consigue un ambiente homogéneo en toda ella. Esto resulta interesante puesto que algunas cabinas únicamente aportan aire por un solo sitio y ello conduce a que los pies estén a una temperatura diferente de las manos o de la cabeza y ese efecto resulta desagradable.

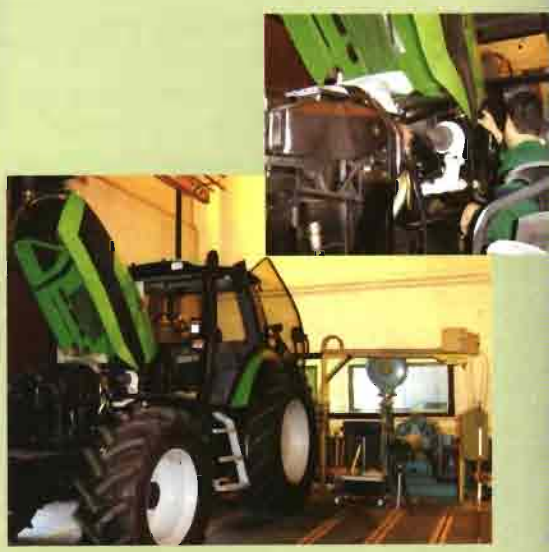
Por último y no menos importante, las conexiones en cabina disponibles responden al sistema de comunicaciones *Can Bus*, que facilita el intercambio de información y reducen cableado.

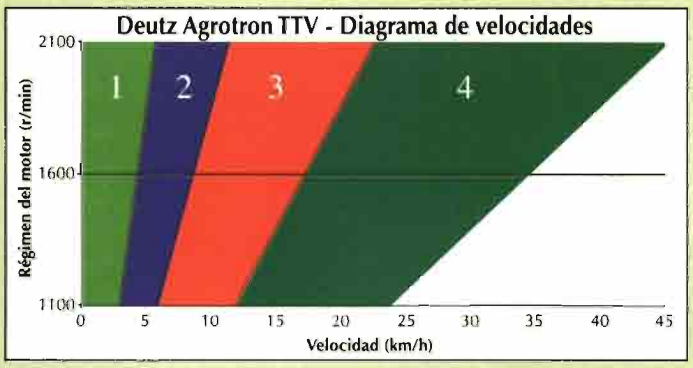
Características técnicas del Agrotron 165 MK3 y del TTV 1160

		AGROTRON 165 MK3	AGROTRON TTV 1160
Motor	Pot. nom. ECE R24 (CV/kW)	163 / 120	154 / 113
	Cilindr. (L) / nº cil. / Turbo	7 146 / 6 / Turbo interc.	7 146 / 6 / Turbo interc.
	Par máx. (Nm)/rev. min. motor	755 / 1 100	615 / 1 400
	Reserva de par (%)	45	30
	Consumo espec.mín. (g/kWh)	-	209
	Refrigeración	Agua	Agua
	Capacidad refrigerante (L)	-	-
	Capacidad cárter (L)	19	19
	Capacidad depósito comb. (L)	310	310
Transmisión	Velocidades bajo carga (nº)	4	Transmisión CVT
	Caja de cambios (nº veloc.)	24 + 24	Transmisión CVT
	Bloqueo puentes trasero y delantero	Discos en baño de aceite Gestión conexión desconexión automática	Discos en baño de aceite Gestión conexión desconexión automática
	Aceite hidráulico (L)	-	90
	Intervalo de cambio (h)	1 000	1 000
TDF	Toma de fuerza trasera	540/540E/1 000/1 000E	540/540E/1 000/1 000E
	Régimen del motor	2 200/1 600/2 200/1 600	2 024/1 647/2 036/1 656
	Tipo de eje (nº estrías)	6 / 21	6 / 21
Sist. hidráulico	Enganche tripuntal	Categoría II y III Acople rápido	Categoría II y III Acople rápido
	Regulación elevador hidráulico	Electrónica (tiro, posición, deslizamiento opc.)	Electrónica (tiro, posición, deslizamiento opc.)
	Caudal máx. bomba (l/min)	120+42	120+44
	Presión de trabajo (bar)	200	200
	Fuerza elev. máx. rótulas (kg)	9 200	9 200
	Distribuidores externos	Hasta 4 + Power Beyond	Hasta 4 + Power Beyond
	Ángulo de giro/Diámetro giro (m)	52º / -	52º / 5.125
	Conexión doble tracción	Discos en baño de aceite Gestión conexión desconexión automática	Discos en baño de aceite Gestión conexión desconexión automática
	Neumáticos Delanteros	540 / 65 R28	540 / 65 R28
	Neumáticos Traseros	650 / 65 R38	650 / 65 R38
Dimensiones y pesos	Altura total (mm)	2 997	2 975
	Longitud total s/contrap. (mm)	4 757	4 730
	Separación ejes (mm)	2 767	2 767
	Anchos de vía delantera (mm)	1 900	1 900
	Anchos de vía trasera (mm)	1 854	1 850
	Peso sin lastre delantero (kg)	2 010	2 195
	Peso sin lastre trasero (kg)	3 960	4 330
	Peso total sin lastre (kg)	5 970	6 525
	Peso máx. eje delantero (kg)	4 700	4 700
	Peso máx. eje trasero (kg)	8 600	8 000
	Peso máximo autorizado (kg)	10 000	10 500

Curvas características del motor (ECE R-24)



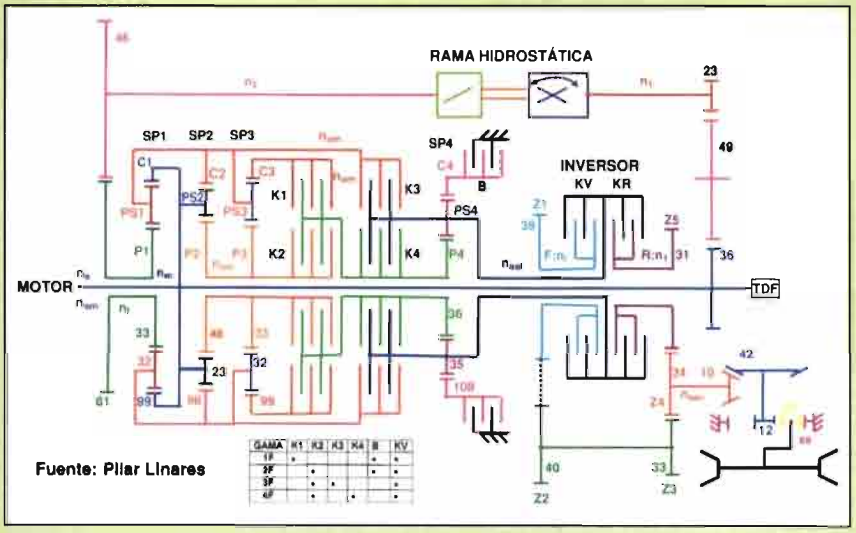




TTV 1160



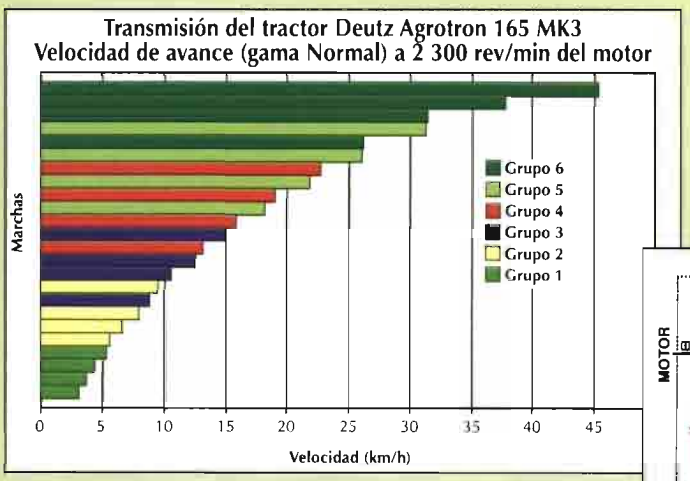
Transmisión Agrotron TTV

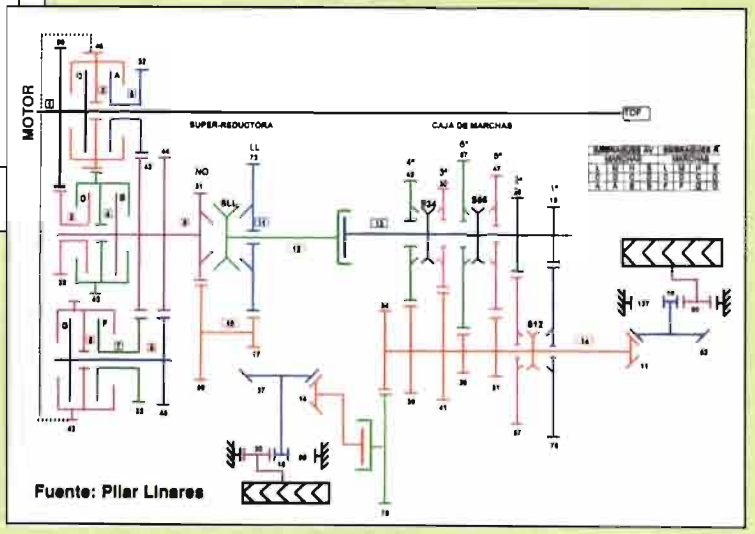


165 MK3



Agrotron 165 Powershift-Powershuttle





PARTE II
Ensayos realizados en laboratorio y en campo



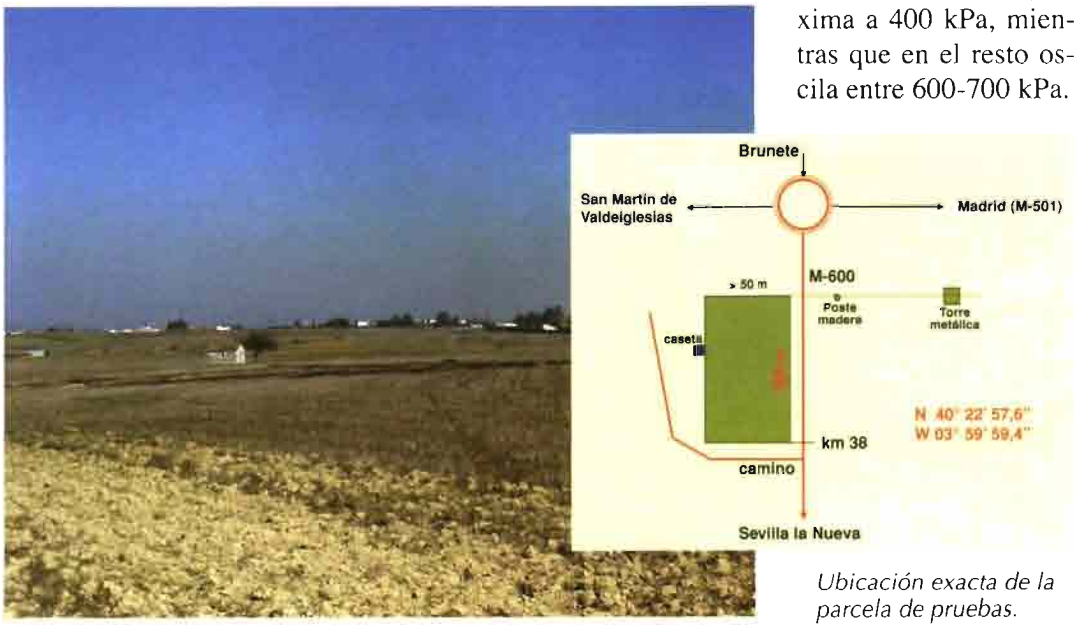
En este informe se resumen los ensayos realizados en el periodo febrero-marzo de 2004 en la localidad madrileña de Brunete, sobre unas parcelas situadas a la altura del km 38 de la carretera M-600, en dirección hacia Sevilla la Nueva y pertenecientes a los agricultores Aquilino Cabrera y Manuel Calderón, así como las pruebas de tracción en pista de hormigón realizadas en las instalaciones de la Estación de Mecánica Agrícola del MAPA.

El suelo de las parcelas se caracteriza como arenoso con abundantes finos, con límite líquido de 21 en superficie y entre 29 y 36 a 25 cm de profundidad. El límite plástico, por su parte, resulta ser de 17 en superficie y 18-21 a la misma profundidad, lo que significa un índice de plasticidad de 4 en la zona superficial y de 10-15 en profundidad. El aumento de la plasticidad del terreno con la profundidad se puso de manifiesto durante el trabajo. Hay que resaltar que en las parcelas de esta zona agrícola se mezclan capas de terreno ligero con otras muy arcillosas

Se puede considerar que el estado del suelo después de las abundantes lluvias producidas durante el invierno estaba en condiciones adecuadas para la arada con vertedera, por lo que esta labor es la que se debe considerar como referencia en las pruebas. También se utilizaron otros aperos (chisel y grada ligera), aunque se consideraba que el estado del suelo no era el adecuado para ellos.

En el momento de los ensayos la humedad del suelo en superficie varía entre zonas, con un 7-10% y otras con valores próximos al 20%, en una zona de vaguada. En profundidad oscilaba entre el 15-20% en todas las zonas.

Respecto a la resistencia a la penetración, su valor, cuantificado como Índice de Cono (CI) medido hasta 15 cm de profundidad, se mantuvo entre 400 y 800 kPa, correspondiente este último valor a la zona de huella. Los valores son coherentes con el contenido de humedad de presentaba la parcela. En las zonas de vaguada el Índice de cono se aproxima a 400 kPa, mientras que en el resto oscila entre 600-700 kPa.



Ubicación exacta de la parcela de pruebas.

EQUIPAMIENTO DE LOS TRACTORES ENSAYADOS

Los tractores utilizados en las pruebas de campo fueron los indicados en la Tabla 4.

Durante las pruebas, el tractor ensayado fue manejado por los integrantes del equipo de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo el conductor del mismo el Ing. Agr. Juan María Marugán. El apoyo técnico lo realizó Same Deutz-Fahr Ibérica.

Las mayores diferencias entre los modelos evaluados son debidas a la transmisión, aunque también hay que destacar que el modelo con transmisión sin escalones (Agrotron TTV 1160) dispone de suspensión primaria en el eje delantero, mientras que su motor, de idéntica cilindrada, ha sido regulado para conseguir una curva de potencia mas plana (la potencia máxima se mantiene en un intervalo de régimen amplio), aunque se pierda algo de potencia máxima. En ambos casos se utilizan motores con similares características dimensionales, de 6 cilindros turboalimentados, con regulación electrónica y una cilindrada de 7 146 cm³.

El consumo horario del motor, ensayado en el freno dinamométrico de la EMA, regulado según se aprecia en el modelo TTV 1160, es 6 L/h menor en el intervalo entre el 80 y el 100% de régimen nominal, que el modelo 165 MK3 (se pasa de 40 a 34 litros/hora) en los puntos de máxima potencia correspondientes. En este mismo intervalo de velocidades de funcionamiento, el consumo específico en g/kWh pasa de 290 a 277, lo que significa una mayor eficiencia del motor regulado para el TTV 1160, cuantificable en 13 g/kWh; diferencia que se debe de poner de manifiesto en las pruebas de campo.

Los tractores utilizados eran nuevos, aunque pueden considerarse como suficientemente rodados y en buenas condiciones de funcionamiento.

TABLA 4

Modelo	AGROTRON 1160 TTV	AGROTRON 165 MK3
Etiqueta homologación	e1*74/150*0146	e1*74/150*0145
Nº Identificación	80622124	80956157
Motor	BF6M_1013_EC CE 128T	BF6M103_F Nº 00896266
Transmisión	2092201 8001/001 0.013.35124	T 7229L Nº 4510 2093009061 Nº Fabricante: 9.0443 7485 KY
Eje delantero	Nº de serie: 411027 Tipo : AS-2045 Nº ZF: 4475-006-052 Suspendido	Nº de serie: 441049 Tipo: AS-2045 Nº ZF: 4475-006-037





TABLA 5

Modelo		AGROTRON 1160 TTV	AGROTRON 165 MK3
Masa (kg)	Delantera	3 570	3 230
	Trasera	3 970	3 510
	Total	7 530	6 740

Inicialmente se recibieron los tractores en las condiciones de masas de referencia descritas en la Tabla 5.

Se consideró necesario aumentar el lastre, de manera que ambos alcanzaran la misma masa total, para lo que se lastró con agua las ruedas del eje trasera del Agrotron 165 MK3, por considerar esta forma de lastrado la que habitualmente hacen los usuarios, aunque la distribución de masas sobre los ejes pasara del 48%, como porcentaje en el eje delantero, al 41%, mientras que en el Agrotron TTV 1160 el reparto era, en las condiciones de recepción, del 47.5%, que se mantuvo durante los ensayos.

En consecuencia, durante las pruebas las condiciones fueron las indicadas en la Tabla 6.

Los neumáticos utilizados en ambos modelos fueron idénticos, y las dimensiones de los mismos y las presiones de trabajo se indican en la Tabla 7.

Para calcular el anticipo de las ruedas del eje delantero se hizo circular a los tractores por un camino estabilizado, sucesivamente con la doble tracción conectada (para calcular la relación mecánica -RM- entre eje delantero y trasero) y desconectada (para calcular la relación de circunferencias de rodadura -RR- y los radios dinámicos de las ruedas delantera y trasera).

TABLA 6

Modelo		AGROTRON 1160 TTV	AGROTRON 165 MK3
Masa (kg)	Delantera	3 600	3 280
	Trasera	3 990	4 690
	Total	7 580	7 970
Contrapesos	Frontales	8 contrapesos de 40 kg + Soporte delantero (330 kg) + Soporte intermedio (330 kg)	
	Traseros	no	
Agua en las Ruedas	Delanteras	no	
	Traseras	no	si
Vía (m)		1.935	1.900
Batalla (m)		2.77	2.76

> ***"Se utilizaron neumáticos idénticos en los dos tractores evaluados"***

En un recorrido de 10 vueltas de cada rueda, en condiciones de simple y de doble tracción, se obtuvieron los valores recogidos en la Tabla 8.

El valor de comprobación obtenido para las Relaciones Mecánicas coincide, dentro de las tolerancias de medida, con los datos técnicos del tractor suministrados por el fabricante. El 'adelanto' de las ruedas del eje delantero se puede calcular como: RM/RR.

Con lo cual, los adelantos calculados (tomando como referencia las circunferencias de rodadura de los neumáticos en simple tracción y la RM medida directamente para cada tractor) están señalados en la Tabla 9.

Lo que indica que los anticipos obtenidos son lógicos para suelos mas bien secos como los que se dan en las condiciones medias españolas, aunque sorprende algo el bajo anticipo obtenido en el 1160 TTV.

NEUMÁTICOS Y LASTRE

Asimismo, analizando las características del tractor de pruebas, tomando 160 CV de potencia de referencia en el motor y 8 000 kg de masa, incluido lastres y agua en las ruedas traseras, se puede calcular la velocidad 'crítica' por debajo de la cual necesitaría lastre complementario.

Velocidad crítica [km/h] = potencia [CV] x efic.$_t$ x 270 / (coef.$_{ad.}$ x 1.00 x masa [kg])

Considerando que se utilizaría el 75% de la potencia de referencia y se haría trabajar el tractor sobre rastrojo con un coeficiente de adherencia de 0.6, la velocidad crítica correspondiente sería:



Velocidad crítica = 120 [CV] x 0.9 x 270 / (0.6 x 1.00 x 8000 [kg]) = 6.08 km/h

lo cual indica que se encuentra suficientemente lastrado incluso para trabajos lentos, como el arado de vertedera, teniendo en cuenta que el apero induciría una carga complementaria cercana a los 1 000 kg.

TABLA 7

Modelo		AGROTRON 1160 TTV	AGROTRON 165 MK3
Neumáticos Delanteros	Marcación	CONTINENTAL Contract AC70T 480/70 R 28 140 A8	
	Presión inflado (bar)	1.2 bar	
Neumáticos Traseros	Marcación	CONTINENTAL Contract AC70T 580/70 R 38 155 A8	
	Presión inflado (bar)	1.1 bar	

TABLA 8

Agrotron 1160 TTV

	Rueda trasera	Rueda delantera	Relaciones
Doble tracción	55.09 m	42.13 m	RM = 1.307
Simple tracción	55.10 m	42.27 m	RR = 1.303
Radios reales	r_T = 0.874	r_D = 0.671	$r_D \div r_T$ = 0.683

Agrotron 165 MK3

	Rueda trasera	Rueda delantera	Relaciones
Doble tracción	54.93 m	41.67 m	RM = 1.318
Simple tracción	54.60 m	42.02 m	RR = 1.299
Radios reales	r_T = 0.879	r_D = 0.686	$r_D \div r_T$ = 0.780

TABLA 9

Unidad	RM	Adelanto	Anticipo (%)
AGROTRON 1160 TTV	1 307	1 003	0.3
AGROTRON 165 MK3	1 318	1 014	1.4



Neumáticos estándar

Los neumáticos utilizados deberían de soportar, a la presión de inflado correspondiente a los trabajos de campo, un 30% más de la masa de referencia del tractor, de los cuales el 80% estaría sobre el eje trasero y un 50% en el delantero.

Tomando como masa de referencia 8 000 kg (aproximadamente la del tractor con lastres metálicos pero sin agua en las ruedas), las cargas que tendrían que soportar las ruedas serían las mostradas en la Tabla 10.

Sobre el catálogo de Continental, que es el tipo de neumático utilizado en los tractores de prueba, se encuentra, para los neumáticos utilizados, las capacidades de carga (kg) indicadas en la Tabla 11 en función de la velocidad y de la presión de inflado.

Esto indica que las dimensiones las ruedas traseras elegidas por el fabricante son apropiadas para trabajar con 3 365 kg, infladas a una presión de 1.0 bar, incluso con velocidad de 30 km/h. En el caso de trabajar a menos de 10 km/h admitiría una carga de unos 700 kg más, equivalente a la de un arado suspendido en el caso de que toda su carga gravitara sobre el eje trasero (sin rueda de apoyo)

Sobre las ruedas delanteras pueden utilizar la presión de inflado de 1.2 bar, ya quede esta manera admiten una carga de 2 320 kg a 30 km/h y hasta 2 820 a 10 km/h.

Comparando los valores de la circunferencia de rodadura indicados por el fabricante del neumático, que son respectivamente de 4 206 y 5 442 mm, con los calculados como promedio de los medidos sobre 10 vueltas de las ruedas delanteras y traseras con la doble tracción desconectada (4 200 y 5 460 mm – Agrotron 165 MK3), medidos en camino estabilizado, para calcular el anticipo del eje delantero y las condiciones de patinamiento nulo, se puede apreciar que los neumáticos se encuentran a la presión adecuada para la carga que gravita sobre ellos, ya que las diferencias con respecto de los valores teóricos se encuentran muy por debajo del 0.5%.

TABLA 10

Masa (kg)	8000	Eje	Rueda
Delantero (kg)	50%	4 000	2 250
Trasero (kg)	80%	6 400	3 200

TABLA 11

NEUMÁTICOS DELANTEROS
CONTINENTAL CONTRACT
AC70T 480/70 R 28 140 A8

Velocidad			Presión
40 km/h	30 km/h	10 km/h	bar
	1 770	2 150	0.6
1 820	1 950	2 370	0.8
2 000	2 140	2 590	1.0
2 170	2 320	2 820	1.2
2 260	2 420	2 930	1.4
2 350	2 510	3 050	1.6

Circunferencia de rodadura = 4 206 mm

NEUMÁTICOS TRASEROS
CONTINENTAL CONTRACT
AC70T 580/70 R 38 155 A8

Velocidad			Presión
40 km/h	30 km/h	10 km/h	bar
	2 720	3 310	0.6
2 860	3 060	3 715	0.8
3 145	3 365	4 090	1.0
3 410	3 650	4 435	1.2
3 660	3 915	4 755	1.4
3 875	4 145	5 040	1.6

Circunferencia de rodadura = 5 442 mm



Antes de realizar los ensayos se procedió al pesado de los tractores.



PARCELA DE PRUEBAS

Para los ensayos se utilizó una parcela plana, sobre la que se cortó una besana de 200 m de longitud; al trabajar siempre en recorridos de ida y vuelta se compensarían las ligeras diferencias de nivel que se presentaban entre los extremos de las parcelas.

Para la caracterización del suelo sobre toda la parcela se tomaron muestras de tierra para su posterior identificación y para la medida de la humedad en estufa realizada en laboratorio. La consistencia del terreno se caracterizó por medio de un penetrómetro de cono.

Como se indicó anteriormente, se trataba de un suelo arenoso con abundantes finos, cuya resistencia a la penetración aumentaba con la profundidad hasta llegar a una capa endurecida situada entre 25 y 30 cm de la superficie, por lo que se decidió trabajar a profundidades máximas entre 20 y 25 cm, según la costumbre de la zona.

La consistencia del suelo se midió por medio de un penetrómetro de cono, marca Farnell, con punta de 0.2 cm^2 de sección. Expresada la dureza del suelo por medio de la resistencia a la penetración se obtuvieron valores que oscilan entre 800 y 1 500 kPa, con valores puntuales próximos a los 3 000 kPa. El valor de la dureza del terreno en sus primeros 15 cm (Índice de Cono) variaba entre los 400 kPa en las zonas más blandas, y los 800 kPa en las más duras.

Las Figuras 1 y 2 indican la evolución de la resistencia del perfil representativa del estado del suelo en la parcela.

FIGURA 1

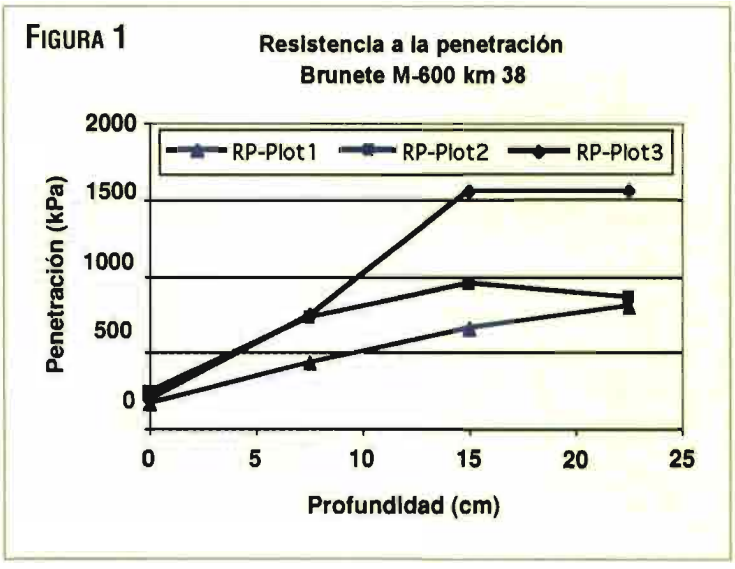
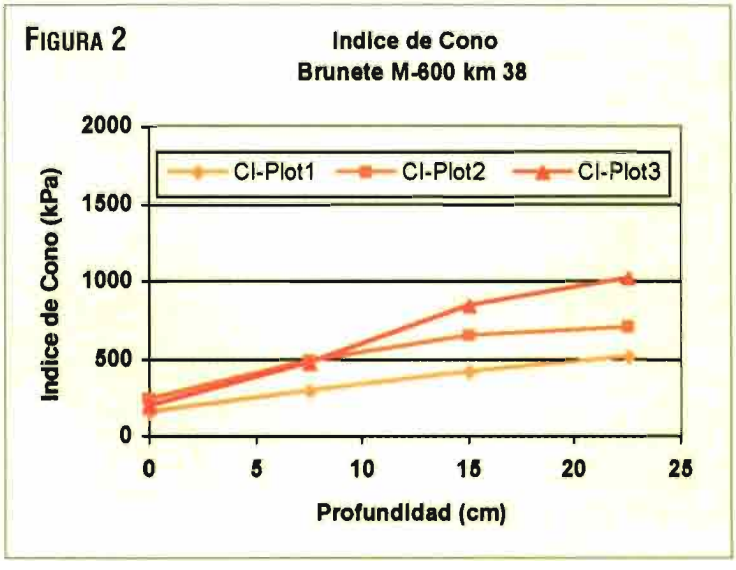


FIGURA 2



La humedad del suelo en superficie se mantuvo entre el 7 y el 19%, en función de la zona considerada, mientras que en profundidad oscilaba entre el 16 y el 20%.

El surco guía se marcó mediante jalones espaciados 50 m para que pudieran servir de referencia en el trabajo, realizando las determinaciones de profundidad y de anchura de labor, así como de patinamiento, tanto en los recorridos de ida como de vuelta.

El consumo de combustible se realizaría de manera independiente, incluyendo los recorridos en ambos sentidos, considerando que debían de ser diferentes por la ligera pendiente de la parcela en la dirección de trabajo.

Esto permitiría referir los resultados de capacidad de trabajo máximo y de consumo de combustible a las condiciones de parcelas con 200 m de besana para las diferentes condiciones de funcionamiento impuestas a la trasmisión, especialmente interesante para valorar el funcionamiento de la gestión del conjunto motor transmisión en el Agrotron TTV 1160, en el que la transmisión sin escalones se ajusta a la demanda del usuario, pero también a la variación que exige el trabajo de campo.

Posteriormente, a partir del tiempo medio en las vueltas correspondientes a todos los recorridos y los consumos de combustibles que se producen en las vueltas, se puede llegar a ofrecer la capacidad de trabajo real y el consumo de combustible correspondiente en una parcela tipo.

Entre los aperos disponibles, se utilizaron un arado de vertederas Kverneland, modelo ES 80, pentasurco reversible, subsolador Keverneland de 13 brazos CLC (sin rodillo) y una grada ligera Galucho, modelo GEO DISC, serie GD 400 A, para poner de manifiesto las posibilidades de estos tractores en unas condiciones de suelos difíciles en los que se mezclan arcilla y arena.







INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

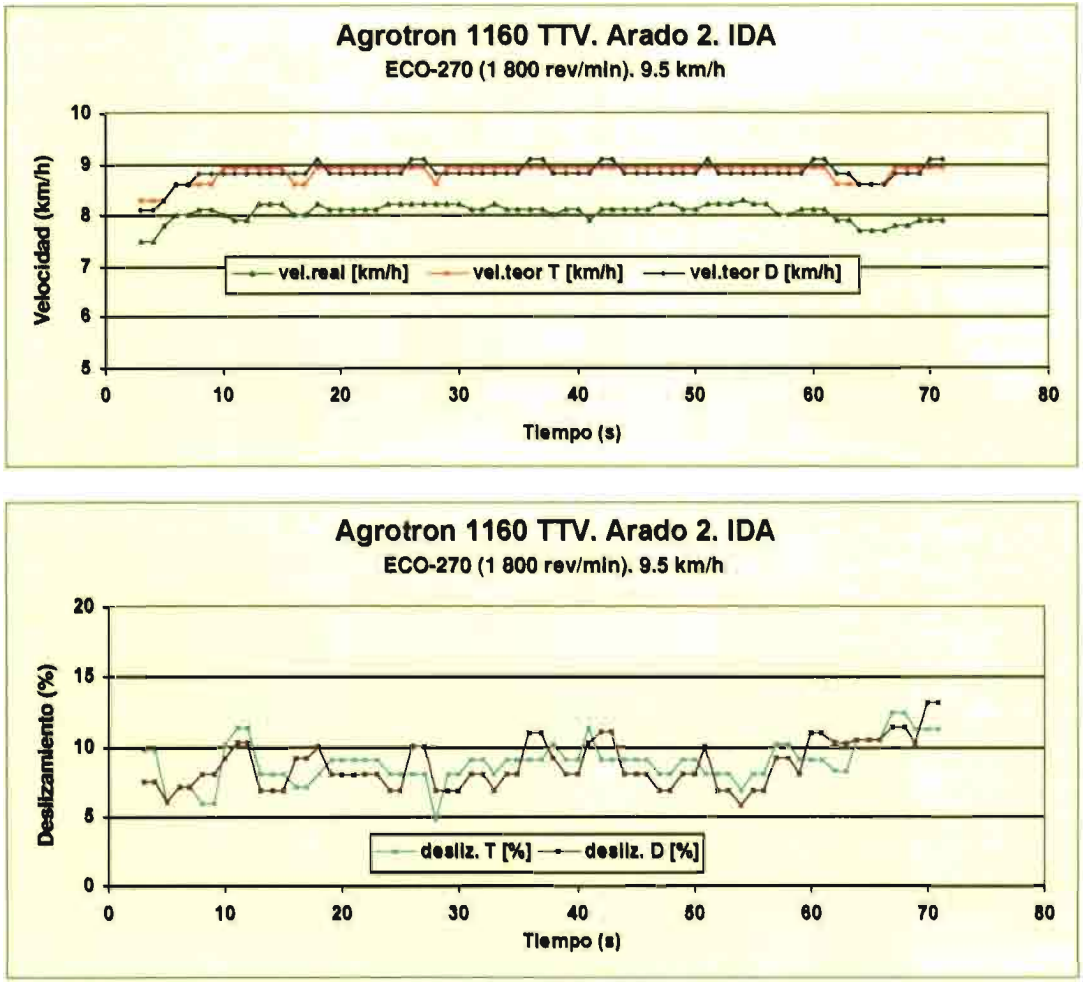


Dado que uno de los objetivos prioritarios de estos ensayos era el de analizar el comportamiento de una transmisión sin escalones, se planificaron los ensayos utilizando instrumentación electrónica de alta precisión. Se colocaron, además del radar para la medida de la velocidad real, captadores de impulsos en las ruedas de los ejes delantero y trasero para determinar en cada momento la velocidad teórica de avance, calculándose el patinamiento, tanto delantero como trasero, por diferencias respecto a la velocidad real.

El registro de estas magnitudes se realizaba, cada segundo, con un or-

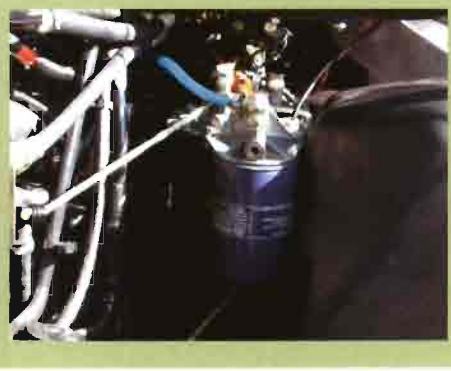
FIGURA 3

GRÁFICO DE LOS REGISTROS RECOGIDOS DURANTE UN RECORRIDO



La instrumentación utilizada durante la prueba permitió registrar de manera continua los resultados del ensayo.







denador portátil situado sobre el tractor de prueba. Asimismo se incorporó un 'caudalímetro' con totalizador que permitía medir con precisión de mililitro los consumos correspondientes a cada recorrido, lo cual hace posible valorar las prestaciones del tractor en diferentes relaciones del cambio de una manera rápida y precisa, así como lectura directa en cabina del consumo instantáneo.

En el montaje se eliminó el retorno de gasóleo al depósito para que las lecturas se correspondieran con lo consumido realmente por el motor, sin que se produjera un aumento sensible de la temperatura del gasóleo que alimenta el motor.

Se trabajaba en recorridos de ida y vuelta, midiendo el tiempo correspondiente a cada recorrido y a la vuelta en los cabeceros, utilizando un cronómetro digital, lo cual serviría para contrastar los datos registrados en el ordenador, a la vez que se controlaban las profundidades y las anchuras de trabajo en cada pasada.

En las figuras adjuntas se presenta algunos detalles del montaje de los captadores sobre el tractor y de la instrumentación en su conjunto, así como un registro de salida correspondiente a un recorrido.

DETALLES DE MONTAJE DE LA INSTRUMENTACIÓN

FIGURA 4 **ESQUEMA CAUDALÍMETRO SOLEX**

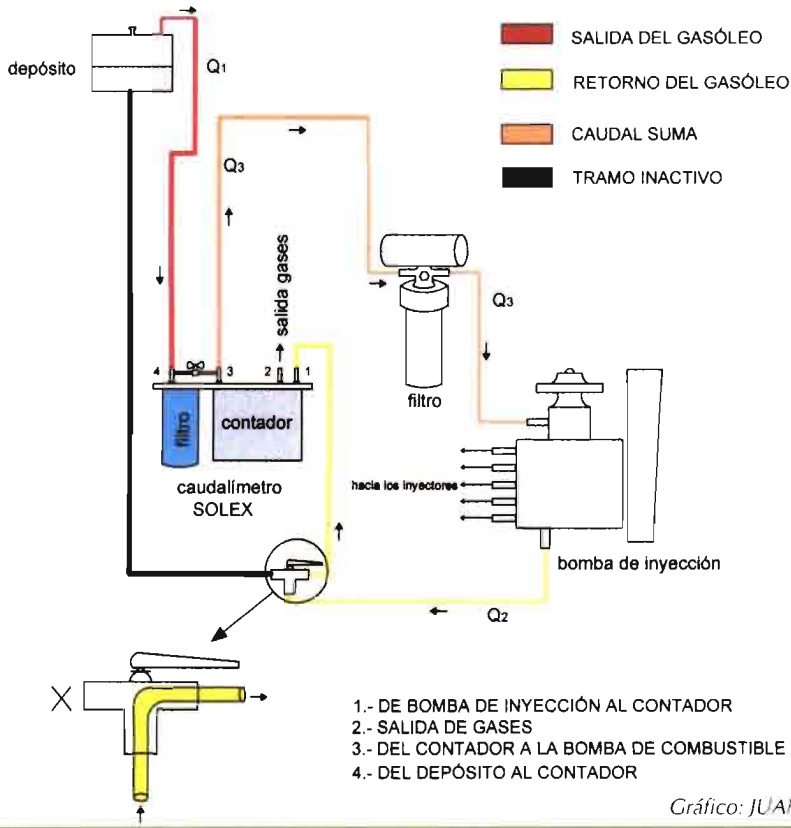
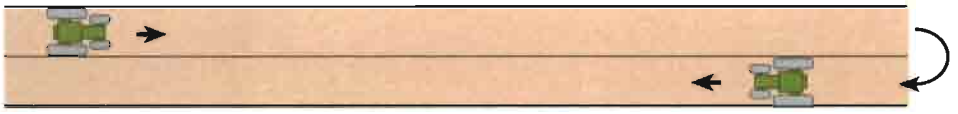


Gráfico: JUAN MARÍN





VALORES MEDIOS CON ARADO PENTASURCO KVERNELAND ES 80 - 1.85 m



Recorrido de 200 + 200 metros (ida y vuelta)

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-270 (1 800 rev/min) - 7.0 km/h

Tiempo total	3.99	min	Capacidad máxima	1.11	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	20.6	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	21.3	cm
Velocidad real	6.01	km/h	Consumo específico	0.0013	L/m³ tierra
Patinamiento	10.50	%		1.31	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-270 (1 800 rev/min) - 9.5 km/h

Tiempo total	3.08	min	Capacidad máxima	1.44	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	18.8	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	22.0	cm
Velocidad real	7.80	km/h	Consumo específico	0.0012	L/m³ tierra
Patinamiento	9.75	%		1.15	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-470 (1 600 rev/min) - 7.0 km/h

Tiempo total	3.68	min	Capacidad máxima	1.21	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	16.0	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	22.3	cm
Velocidad real	6.53	km/h	Consumo específico	0.0010	L/m³ tierra
Patinamiento	7.10	%		0.97	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-470 (1 600 rev/min) - 8.0 km/h

Tiempo total	3.33	min	Capacidad máxima	1.33	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	16.4	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	22.2	cm
Velocidad real	7.21	km/h	Consumo específico	0.0010	L/m³ tierra
Patinamiento	7.95	%		1.00	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-70 (2 000 rev/min) - 8.0 km/h

Tiempo total	3.33	min	Capacidad máxima	1.33	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	18.1	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	23.0	cm
Velocidad real	7.20	km/h	Consumo específico	0.0011	L/m³ tierra
Patinamiento	8.30	%		1.07	mL/m³ tierra



ARADA CON VERTEDERA

Para realizar esta prueba se utilizó un arado Kverneland de 5 cuerpos (reversible), ES 80, del tipo 'Vario'. Aunque se trata de un arado de anchura variable, que podría permitir trabajar con anchura de corte por cuerpo de hasta 20 pulgadas, dado que se quería mantener una profundidad de trabajo de menos de 25 cm, dadas las características de estos suelos, se optó por ajustarlo para una anchura de 37.5 cm, lo que ofrece una anchura de trabajo del apero de 1.85 m. Este arado se engancharía sucesivamente en los dos modelos de tractores, obteniéndose los resultados medios en cada trayecto que se presentan en los cuadros de la página anterior.

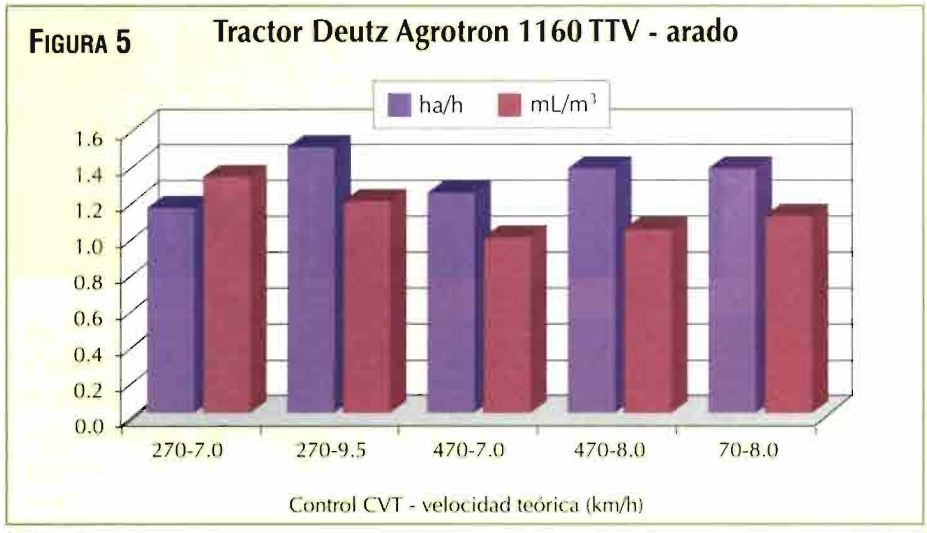


La planificación de las pruebas se realizó de manera algo diferente a lo que suele ser tradicional. Al tratarse del ensayo de un tractor como el Agrotron 1160 TTV con una transmisión sin escalones, se podía elegir la velocidad de avance, por lo que, en principio se fijaron como límites inferior y superior los de 7.0 y 9.5 km/h. Aunque se pudo apreciar en las pruebas previas que la potencia disponible permitía trabajar mas deprisa, se consideró que no era adecuado desde el punto de vista agronómico y de seguridad trabajar a mas de 9.5 km/h con un arado de vertedera.

Por otra parte, junto con la velocidad teórica de avance se pude fijar el régimen del motor a partir del cual el miniordenador controla la gestión el conjunto del motor y la transmisión. A este respecto, el manual del operador recomienda ajustar el régimen inicial del motor a 1 600 rev/min (ECO-470: 470 rev/min por debajo del régimen nominal) para obtener el menor consumo de combustible compatible con la velocidad de operación y el esfuerzo de tracción.

CAPACIDADES MÁXIMAS DE TRABAJO Y CONSUMOS ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE PRUEBA

FIGURA 5 **Tractor Deutz Agrotron 1160 TTV - arado**



Esta recomendación es consecuencia de la actuación del regulador electrónico que controla la inyección, ya que se encarga de acelerar el motor cuando lo considera necesario (suministrando mayor potencia), manteniendo el régimen más bajo (menor consumo de combustible) cuando las condiciones de trabajo lo permiten.

> ***Los mejores resultados se obtienen cuando el motor funciona a bajo régimen (1 600 rev/min) manteniendo la velocidad establecida***

En el caso de ajustar el régimen inicial de funcionamiento del motor a un valor mas alto (1 800 rev/min-ECO 270 ó 2 000 rev/min-ECO 70), como habitualmente se hace en los tractores con la caja de cambio con escalones, el sistema de control electrónico lo admite sin problemas, pero el consumo de combustible no estaría optimizado, ya que no se aprovecha el funcionamiento del motor a bajo régimen que hace posible una transmisión del tipo CVT.

Para validar estas recomendaciones del fabricante se hizo trabajar sucesivamente el tractor Agrotron 1160 TTV en las siguientes condiciones:

- ECO-270 para 7.0 y 9.5 km/h
- ECO-470 para 7.0 y 8.0 km/h
- ECO-70 para 8 km/h

De los resultados obtenidos en cada caso, se observa que, con el control ECO-270 (1 800 rev/min) al subir de 7.0 a 9.5 km/h de velocidad teórica de referencia se produce un incremento de la capacidad de trabajo máxima, ya que se pasa de 1.11 ha/h a 1.44 ha/h, a la vez que se reduce el consumo específico de combustible (de 1.31 a 1.15 mililitros/metro cúbico de tierra movida), lo que probablemente se debe a una reducción del patinamiento como consecuencia de una condición mas favorable del suelo en este último recorrido, ya que en ambos casos se mantiene la profundidad de trabajo sobre 21-22 cm.

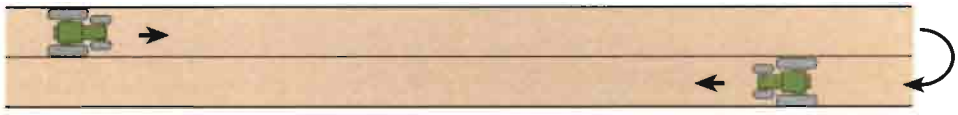
Repitiendo la operación con el control en la posición ECO-470 (1 600 rev/min), se aprecia una notable reducción del consumo de combustible que pasa a 16 L/ha para 22.3 cm de profundidad media, con 7 km/h de velocidad de referencia y a 16.4 para 22.2 cm de profundidad media con 8 km/h. Lógicamente trabajando mas deprisa se llega a una capacidad de 1.33 ha/h (sin contar vueltas en cabeceros)

Por último, repitiendo la operación con el control en la posición ECO-70 (2 000 rev/min) y 8 km/h de velocidad teórica de avance se consigue una capacidad de trabajo máxima (sin vueltas) de 1.33 ha/h, similar a la obtenida en la posición ECO-470, aunque en estas condiciones el consumo específico de combustible ha aumentado en un 7%.

En el conjunto de los ensayos se observa que el patinamiento de las ruedas traseras se mantiene, en valores medios, entre el 7 y el 10%, mientras que en las ruedas delanteras siempre aparece una unidad porcentual de más, como consecuencia del anticipo en la velocidad de giro de este eje. Durante todas las pruebas se utilizaron tanto la doble tracción conectada como el bloqueo del diferencial.



VALORES MEDIOS CON ARADO PENTASURCO KVERNELAND ES 80 - 1.85 m



Recorrido de 200 + 200 metros (ida y vuelta)

Deutz Agrotron 165 MK3 – Relación cambio H2; 1 800 rev/min – regulador electrónico

Tiempo total	4.33	min	Capacidad máxima	1.03	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	22.2	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	25.8	cm
Velocidad real	5.55	km/h	Consumo específico	0.0012	L/m³ tierra
Patinamiento	15.50	%		1.16	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron 165 MK3 – Relación cambio S2; 1 800 rev/min – regulador electrónico

Tiempo total	3.60	min	Capacidad máxima	1.23	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	23.6	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	26.4	cm
Velocidad real	6.67	km/h	Consumo específico	0.0012	L/m³ tierra
Patinamiento	11.32	%		1.21	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron 165 MK3 – Relación cambio M3; 1 700 rev/min – regulador electrónico

Tiempo total	3.35	min	Capacidad máxima	1.33	ha/h
Anchura trabajada	3.7	m	Consumo de gasóleo	19.3	L/ha
Superficie trabajada	0.074	ha	Profundidad de trabajo	24.6	cm
Velocidad real	7.17	km/h	Consumo específico	0.0011	L/m³ tierra
Patinamiento	9.10	%		1.06	mL/m³ tierra

En las pruebas realizadas con este mismo apero sobre el tractor Agrotron 165 MK3, los valores obtenidos se resumen en el cuadro y gráfico adjuntos.

Con este tractor se utilizan las relaciones del cambio H2 y S2 ajustando en estos casos el régimen de funcionamiento del motor a 1 800 rev/min, y la M3 con régimen ajustado a 1 700 rev/min.

Como era de esperar, al bajar el régimen el motor y utilizando una marcha mas larga, al disponer el tractor de potencia suficiente, se obtiene una mejora en las prestaciones: 1.33 ha/h de capacidad de trabajo máxima (sin vueltas en los cabeceros) con un consumo de 19.3 L/ha para una profundidad de trabajo media de 24.6 cm, lo que equivale a 1.06 mililitros de gasóleo por cada metro cúbico de tierra movida.



Si se comparan estos resultados con los obtenidos con el Agrotron 1160 TTV se observan que son equivalentes a los conseguidos en las condiciones ECO-70, mientras que si se establece la comparación con la situación ECO-470, el 1160 TTV se beneficia de una reducción del consumo específico del 6% con idéntica capacidad de trabajo que el Agrotron 165 MK3.

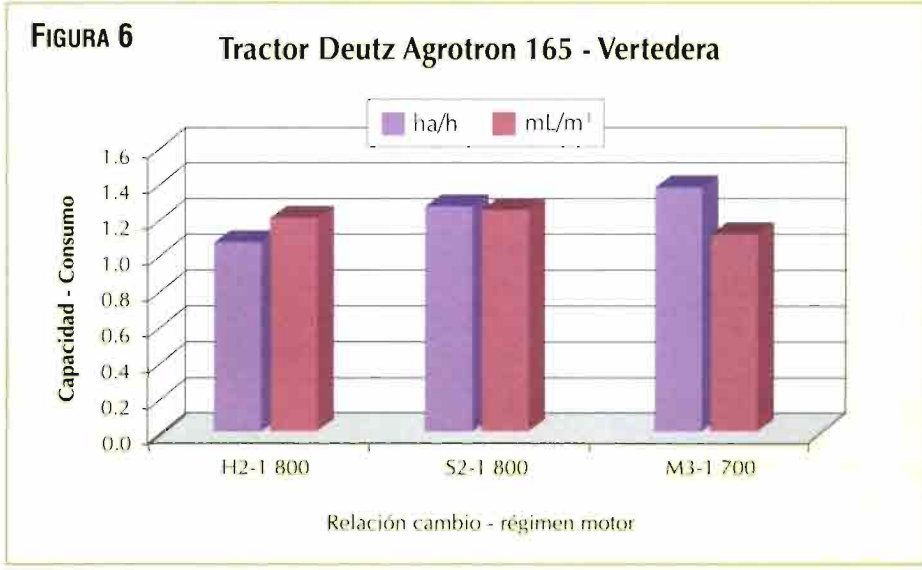
Capacidades máximas de trabajo y consumos específicos de combustible en las diferentes condiciones de prueba

Con independencia de otras ventajas derivadas de las facilidades de manejo que ofrecen los tractores con transmisión CVT esta reducción del consumo del 6%, manteniendo la productividad, es significativa, sobre todo considerando que los motores que utilizan estos tractores se caracterizan por un bajo consumo específico, y que el motor del Agrotron 1160 TTV ya cumple los límites de control de emisiones en su 'fase II', establecido por las Directivas CE.

Por otra parte, considerando una parcela de una hectárea de superficie con 200 m de longitud arada, sobre la que se trabaje en recorridos de ida y vuelta con un arado reversible de 1.85 m de anchura real, se necesitaran 27 recorridos. El tiempo medio registrado durante los ensayos para las vueltas en los cabeceros fue de 20 segundos, con un consumo de 60 mL de gasóleo por vuelta.

En estas condiciones, las capacidades reales de trabajo y los consumos para la parcela de 1 ha, de 200 m de longitud trabajada en recorridos de ida y vuelta con arado reversible de 1.85 de anchura serían: la eficiencia en parcela, considerando 2 vueltas en cabeceros para cada ida y vuelta, sería de 0.83, lo que llevaría a una capacidad efectiva de usuario de 1.11 ha/h. El consumo de combustible aumentaría a razón de 120 mL por cada recorrido de ida y vuelta (aproximadamente el 9%), lo que llevaría a un aumento del consumo hasta 18.0 L/ha para una profundidad media de trabajo de 22.2 cm, valores bajos para un suelo complicado de trabajar como el de la parcela de prueba.

FIGURA 6



Los consumos de combustible con el Agrotron 165 MK3 resultan superiores a los del 1160 TTV con idéntica capacidad de trabajo





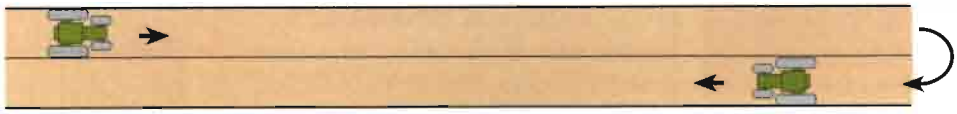
TRABAJO CON CHISEL Y CON GRADA LIGERA

Para el chisel

Aunque las condiciones de trabajo no eran las apropiadas para trabajar con un chisel, ya que las zonas bajas de la parcela se encontraban excesivamente húmedas para un apero con estas características, se realizaron diferentes pruebas para valorar el comportamiento de los tractores con este tipo de apero.

Se utilizo un chisel Kverneland modelo CLC, de 13 brazos, con separaciones de 56 cm sobre la misma fila, y una anchura de trabajo efectiva de 3.70 m. Los resultados aparecen en los cuadros adjuntos.

VALORES MEDIOS CON CHISEL KVERNELAND CLC – 3.70 m



Recorrido de 140 + 140 metros (ida y vuelta)

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-370 (1 700 rev/min) – 7.8 km/h

Tiempo total	2.45	min	Capacidad máxima	2.53	ha/h
Anchura trabajada	7.4	m	Consumo de gasóleo	10.8	L/ha
Superficie trabajada	0.104	ha	Profundidad de trabajo	19.3	cm
Velocidad real	6.85	km/h	Consumo específico	0.0005	L/m³ tierra
Patinamiento	7.70	%		0.54	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-370 (1 700 rev/min) – 7.0 km/h

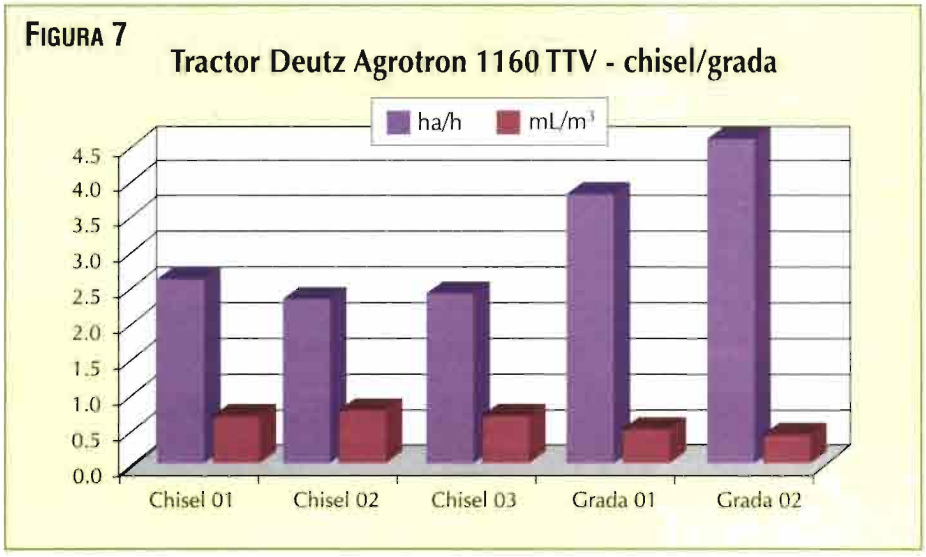
Tiempo total	28.1	min	Capacidad máxima	2.21	ha/h
Anchura trabajada	7.4	m	Consumo de gasóleo	13.1	L/ha
Superficie trabajada	0.104	ha	Profundidad de trabajo	21.5	cm
Velocidad real	5.98	km/h	Consumo específico	0.0006	L/m³ tierra
Patinamiento	7.95	%		0.59	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-370 (1 700 rev/min) – 7.0 km/h – Cruise Control

Tiempo total	2.70	min	Capacidad máxima	2.30	ha/h
Anchura trabajada	7.4	m	Consumo de gasóleo	13.2	L/ha
Superficie trabajada	0.104	ha	Profundidad de trabajo	22.3	cm
Velocidad real	6.33	km/h	Consumo específico	0.0006	L/m³ tierra
Patinamiento	11.60	%		0.57	mL/m³ tierra

CAPACIDADES MÁXIMAS DE TRABAJO Y CONSUMOS ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE PRUEBA

FIGURA 7



Como más significativo cabe destacar la eficacia de la suspensión primaria del eje delantero para estabilizar el chisel trabajando en un suelo en condiciones de humedad muy alta para este tipo de apero, que no tenía montado el rulo limitador de profundidad.

> ***Hay que destacar la eficiencia de la suspensión primaria del eje delantero para estabilizar el chisel sin rulo limitador de profundidad***

Como era de esperar los consumos se reducen con respecto a lo que se obtenía con la vertedera, a la vez que aumenta la capacidad de trabajo al ser un apero más ancho y disponer el tractor de potencia suficiente, aunque la calidad de la labor no es optima, ya que el suelo se encontraba en unas condiciones inadecuadas para este tipo de labor. No aparecen diferencias significativas entre las alternativas de trabajo evaluadas, según se puede observar en el gráfico adjunto, y no se hicieron pruebas complementarias por considerar que no se daban en el suelo las condiciones para este tipo de labor.

Al enganchar este apero en el Agrotron 165 MK3, sin suspensión primaria en el eje delantero, resultaba más difícil estabilizar el conjunto tractor apero en unas condiciones de suelo desfavorable para este tipo de labor, por lo que no se continuo la prueba con este modelo de tractor, ya que difícilmente se obtendría valores comparables con el otro modelo de tractor ya evaluado.

Para la grada

La grada ligera utilizada, Galucho GEO Disc - GD 400 A, con 32 discos de 20 pulgadas en dos paños, 250 mm de separación entre discos, y rodillo jaula posterior, con masa total de 2 100 kg, está diseñada para incorporar el rastrojo y preparar el lecho de siembra, por lo que la situación de la parcela de pruebas no era la mas adecuada para su trabajo, ya que en la zona arada con vertedera el suelo estaba demasiado húmedo para trabajar con grada; por otra parte, los 65 kg por disco de 510 mm de diámetro no pueden considerarse suficientes para el laboreo primario en este suelo. A pesar de ello, se decidió hacerla trabajar directamente sobre el rastrojo, para evaluar su comportamiento.

La información suministrada por el fabricante de la grada indica que este modelo de 4 metros es adecuado para tractores entre 120 y 140 CV de potencia, a la vez que informa de que se puede trabajar con ella a velocidades entre 10 y 15 km/h.

Utilizando al tractor Agrotron 1160 TTV se eligieron dos condicio-



nes de funcionamiento sobre la base de ECO-370 (1 700 rev/min): 9.6 y 12 km/h, para las que se obtuvieron los resultados que aparecen en el cuadro adjunto.

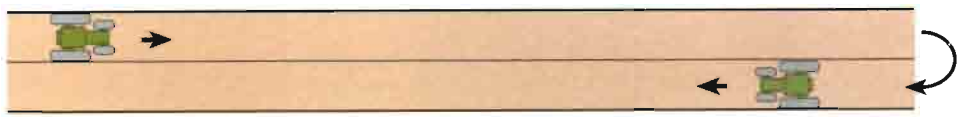
De estos hay que destacar que se trata de una grada de poca anchura de trabajo para la potencia disponible, ya que el tractor se desplazaba muy desahogado, con un consumo máximo de 24.1 L/h a 11.25 km/h de velocidad real y que el patinamiento medio sólo llegaba al 5%.

En las condiciones de la prueba la capacidad máxima de trabajo llega a las 4.50 ha/h, con un consumo de 5.4 L/ha, auque la profundidad media de trabajo sólo era de 11.2 cm. Hay que insistir que no se trata de una grada pesada, y que su diseño con discos independientes con su propio sistema de regulación y de profundidad se adaptaría mejor a un suelo previamente labrado, pulverizando los terrones sin hacerlos subir a la superficie, por lo que dejamos para otra ocasión su evaluación en condiciones apropiadas.



Trabajo sobre rastrojo con grada Galucho GD 400 A.

VALORES MEDIOS CON GRADA GALUCHO GEO DISC - GD 400 A – 4.0



Recorrido de 200 + 200 metros (ida y vuelta)

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-370 (1 700 rev/min) – 9.6 km/h

Tiempo total	2.61	min	**Capacidad máxima**	3.68	ha/h
Anchura trabajada	8.0	m	**Consumo de gasóleo**	5.7	L/ha
Superficie trabajada	0.160	ha	**Profundidad de trabajo**	9.5	cm
Velocidad real	9.2	km/h	**Consumo específico**	0.0004	L/m³ tierra
Patinamiento	4.5	%		0.38	mL/m³ tierra

Deutz Agrotron TTV 1160 ECO-370 (1 700 rev/min) – 12.0 km/h

Tiempo total	2.13	min	**Capacidad máxima**	4.50	ha/h
Anchura trabajada	8.0	m	**Consumo de gasóleo**	5.4	L/ha
Superficie trabajada	0.160	ha	**Profundidad de trabajo**	11.2	cm
Velocidad real	11.25	km/h	**Consumo específico**	0.0003	L/m³ tierra
Patinamiento	5.0	%		0.3	mL/m³ tierra

Medida de la potencia a la barra con el carro dinamométrico de la Estación de Mecánica Agrícola.











PRUEBAS DE TRACCIÓN EN PISTA DE HORMIGÓN

Al tratarse el Deutz Agrotron 1160 TTV de un tractor con transmisión sin escalones CVT, con el sistema de planetario sumador, se consideró interesante realizar unas pruebas de tracción en pista, utilizando el moderno freno dinamométrico de la Estación de Mecánica Agrícola, para intentar detectar si los cambios entre los bloques de transmisión tenían alguna influencia sobre las prestaciones del tractor.

Para esto se obligaba al tractor a mantener una velocidad de avance fijada en determinados niveles en los que se consideraba que se debía de producir el cambio de gama, calculados a partir del estudio de los engranajes de la transmisión, y se iba aumentando progresivamente la carga para alcanzar la potencia máxima en esas condiciones de trabajo, el esfuerzo límite de tracción y el patinamiento resultante, todo ello sobre pista de hormigón de buena adherencia.

> ***Con el 1160 TTV se consiguen prestaciones de 90 kW de potencia de tracción en pista de hormigón para 6.5 km/h de velocidad real de avance***

Los resultados de estos ensayos para el Agrotron 1160 TTV se reflejan el gráfico adjunto que representan las potencias de tracción o potencias a la barra con diferentes esfuerzos de tracción y velocidades reales de avance.

Como se puede apreciar en este gráfico, se superan los 90 kW de potencia de tracción, en pista de hormigón, a partir de 6.5 km/h de velocidad real de avance, en condiciones de neumáticos nuevos (los códigos de ensayo admiten un desgaste de los neumáticos para aumentar la adherencia en pista de hormigón).

Asimismo se aprecia cómo los valores máximos siguen una línea que se mantiene equidistante de la de potencia de 100 kW, lo que debe de ser una característica específica de

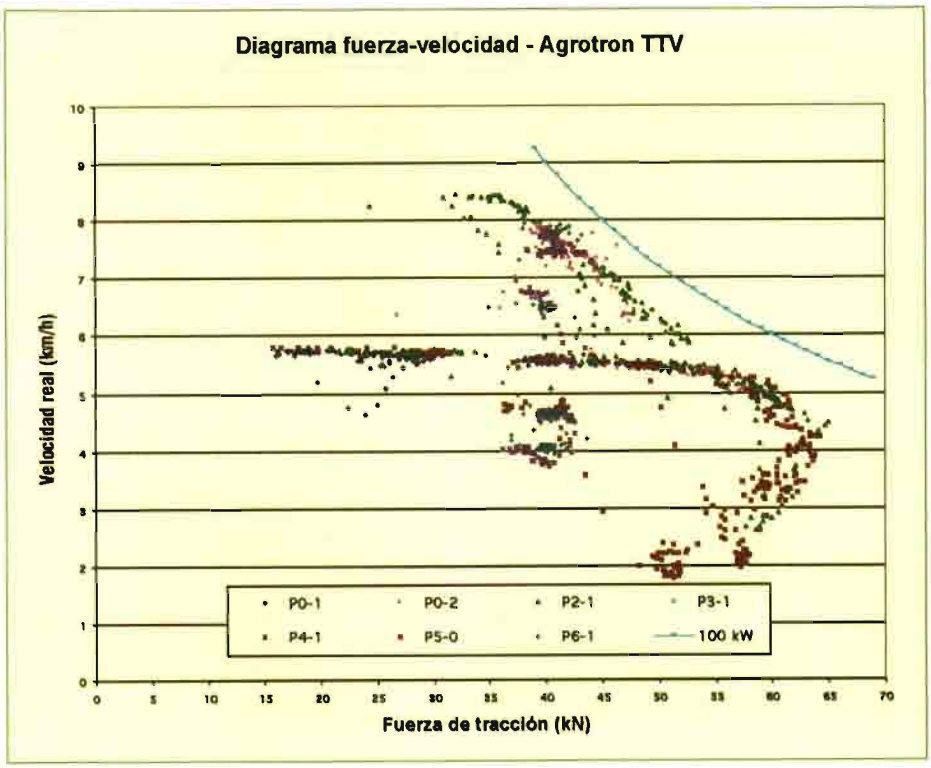


Equipo de pruebas en la pista de hormigón de la EMA.

> ***Los resultados de los ensayos demostraron las ventajas del eje delantero suspendido del 1160 TTV frente al eje convencional del 165 MK3, ya que no se producían saltos en condiciones extremas***

las transmisiones sin escalones que le permite utilizar la potencia máxima del motor a cualquier velocidad de avance, así como que se llegan a alcanzar esfuerzos de tracción de 65 kN.

Por otra parte, los resultados de los ensayos pusieron de manifiesto las ventajas del eje delantero suspendido del Agrotron 1160 TTV, frente al eje convencional del 165 MK3, ya que no se llegaba a producir saltos ('galope'), con la doble tracción conectada, incluso cuando se llegaban a los límites de tracción extrema. En ningún caso se llegaba a apreciar que el cambio de gama tuviera influencia sobre el comportamiento del tractor, ya que no se apreciaba pérdida de potencia de tracción y se mantenía la velocidad de avance.



LAS CONDICIONES IMPUESTAS FUERON LAS SIGUIENTES:

Carga	Prueba	Condiciones	Régimen inicial [rev/min]	Velocidad teórica [km/h]
Constante = 40 kN	P2-1	ECO-470	1 600	4 a 8
	P6-1	ECO-470	1 600	4 a 8
	P4-1	ECO-270	1 800	4 a 8
Creciente hasta máximo admitido	P5-1	ECO-670	1 400	6 y 9
	P0-1; P0-2	ECO-470	1 600	6 y 9
	P3-1	ECO-270	1 800	6 y 9

CONCLUSIONES

El manejo del sistema de gestión del conjunto motor cambio en el Agrotron 1160 TTV resulta sencillo, por lo que cualquier conductor normal se adapta con rapidez para poder sacarle el máximo rendimiento al tractor.

En el trabajo con vertedera se aprecia que el pentasurco reversible de Kverneland, ajustado para una anchura de 1.85 m y profundidad entre 22 y 24 cm, es arrastrado con facilidad por ambos tractores, por lo que parece admisible que pudiera utilizarse en ellos arados de este tipo con un cuerpo mas, en condiciones de suelo similares a los de la parcela de pruebas.

Se aprecia en la arada realizada con el Agrotron 1160 TTV que la estrategia de gestión ECO-470, que fija el régimen inicial del motor a 1600 rev/min, es la más interesante. Proporciona, a 8 km/h de velocidad de referencia, una capacidad de trabajo máxima de 1.33 ha/h, con un consumo de 16.4 L/ha para una profundidad media de trabajo de 22.2 cm.

Manteniendo esta estrategia de conduccion, para una velocidad de referencia de 7 km/h se reduce el consumo de combustible hasta 16.0 L/h, siendo la capacidad máxima de trabajo de 1.21 ha/h.

Como recomendación para los usuarios, hay que insistir en la conveniencia de utilizar como referencia un régimen del motor bajo (1600 rev/min = ECO-470), frente al elevado (2000 rev/min – ECO 70), ya que en ambos casos se obtienen análogas prestaciones (1.33 ha/h), pero el consumo de combustible con régimen bajo es un 7% menor.

Comparando los anteriores resultados con los obtenidos utilizando este arado enganchado al Agrotron 165 MK3 se aprecian unas prestaciones similares cuando se utiliza la relación del cambio M3 a 1700 rev/min (regulador electrónico), pero el consumo de combustible aumenta con respecto al Agrotron 1160 TTV en un 6%.



Integrantes del equipo de Pruebas de Campo.

Aplicando los datos obtenidos durante las pruebas realizadas sobre el Agrotron 1160 TTV en la condición ECO-470, para calcular las capacidades de trabajo reales en una parcela de 1 ha, con 200 m de longitud de besana y 50 de anchura, trabajando en recorridos de ida y vuelta con arado reversible de 1.85 m de anchura, el consumo real sería de 18 L/ha, para una profundidad media de 21.5 – 22.5 cm, con una capacidad real de trabajo de 1.11 ha/h.

> ***"Tomando como referencia parcelas de 1 ha, se obtienen consumos de 18 L/ha con arado de vertedera, para capacidad de trabajo de 1.11 ha/h y profundidad de 22 cm"***

En el trabajo realizado con chisel Kverneland CLC de 13 brazos, en esta parcela en la que el contenido de humedad era elevado para este tipo de apero, el Agrotron 1160 TTV, a velocidades entre 6.0 y 6.5 km/h, para una profundidad media de 22 cm, se obtuvieron consumos de combustible de 13.0 a 13.5 L/ha.

La grada ligera Galucho GD 400 A, trabajando sobre rastrojo a una profundidad media de 11.2 cm, enganchada al Agrotron 1165 TTV, permitía una velocidad real de 11.25 km/h, con un consumo de combustible de 5.4 L/ha y una capacidad máxima de trabajo de 4.5 ha/h.

En las pruebas de tracción realizadas en la pista de hormigón de la estación de Mecánica Agrícola se puso de manifiesto que el Agrotron 1160 TTV podía conseguir 90 kW de potencia de tracción a partir del momento en que la velocidad real de avance supera los 6.5 km/h. La suspensión del eje delantero permitió en todo momento alcanzar el máximo esfuerzo de tracción sobre la pista con la doble tracción conectada sin que el tractor llegara a saltar.